

AZ EGYENLŐTLEN SEJTOSZTÓDÁS SZEREPE A PHACUS WETTSTEINII DREZ. ALAK- ÉS FELÉPÍTÉSBELI VARIABILITÁSÁBAN

Írta: KISS ISTVÁN

I. Bevezetés

A Dél-Alföld szikes vizeinek mikrovegetációját tanulmányozva gyakran tapasztaltam, hogy az *Euglenophyta* fajok által kialakított tömegprodukciókban igen nagymérvű alakbeli változatosság léphet fel. E jelenség oka keresésekor jutottam arra a feltételezésre, hogy itt a sejtek egyenlőtlen (inekvális) osztódásának is szerepe lehet. Korábban [4, 9] erre vonatkozólag a *Phacus longicauda* (EHR.) DUJ. monstruózus jellegű sejtosztódása leírásánál mutattam be példákat.

Ez alkalommal arról számolok be, hogy az inekvális sejtosztódás e genus sejtnyúlvánnyal nem rendelkező fajainál, így a *Phacus wettsteinii* DREZ. esetében is előidézhetheti a nagymérvű alakbeli variabilitást. E fajra vonatkozó megfigyeléseim 1933-ban kezdődtek, de csak az utóbbi időben jutottam, olyan kísérleti adatokhoz, amelyek az egyenlőtlen sejtosztódás variálódást kiváltó szerepét itt is nyilvánvalóvá tették. Ez annak köszönhető, hogy e species tömegprodukcióját 1961 májusában Orosházán a Kisszék egyik biotopjában ismét megtaláltam.

A *Phacus wettsteinii* DREZ. tömegprodukcióját első ízben 1933. június 20-án észleltem a Gyopáros-fürdőhöz tartozó Kerek-tóban. A vízvirágzás 250–300 négyzetméternyi felületen sötét fűzöldre színezte a vizet. A bioseston-színeződést szinte egyedül a *Phacus wettsteinii* hozta létre, mert a *Phacus triqueter* (EHR.) DUJ. csak szórványosan fordult elő. A vízvirágzás rövidéletű volt; június 22-re nyomtalanul eltűnt. E tömegprodukció részemre két szempontból is értékes volt:

1. Kizárólag a *Phacus* hozta létre. *Phacus*-vízvirágzás pedig igen ritka. A *Phacus wettsteinii* két említett vízvirágzásán kívül csak a *Phacus curvicauda* SWIR. tömegprodukcióját észleltem a Veszprém megyei Adásztevel határában 1942. augusztusában [6].

2. E vízvirágzásban a sejtek alakbeli variabilitása igen nagymérvűnek mutatkozott. A sejtformák leginkább arra a taxonra utaltak, amelyet DREZE-POLSKI [1] *Phacus wettsteinii* néven különböztetett meg. A kerektoói vízvirág-

zásban termő lekerekített végű sejtek jól azonosíthatók voltak DREZEPOLSKI leírásával és illusztrációjával, de ugyanitt még gyakoribbak voltak a kicsúcsosodó végű sejtek, sőt előfordultak rövid tüskeszerű végződéssel rendelkező sejtek is. Főként ez utóbbiak gátoltak meg abban, hogy az egész formakört azonnal a DREZEPOLSKI által leírt *Phacus wettsteinii* taxonjába soroljam. Nem tehettem meg ezt annak ellenére sem, hogy a tompavégű és hegyesen végződő formákat az átmenetek egész sora kötötte össze egymással. Ez az ellentmondás tartott vissza észlelésem közlésétől, illetve ösztönzött arra, hogy a *Phacus wettsteinii* formakörét tovább vizsgáljam.

Az Orosháza környéki szikes vizekben egyébként e faj elég gyakorinak mutatkozott, önálló vízvirágzását azonban — mint említettem — csak két esetben találtam meg. A nem vízvirágzásos előfordulásokban a sejteket lekerekített végűeknek vagy enyhén kicsúcsosodóknak észleltem. Csak a szőkealmi Sóstó bioestonjában fordultak elő olyan sejtek is, amelyeknél a sejtvég kicsúcsosodása jelentősen variált [7].

POCHMANN [11] *Phacus*-monográfiájából az tűnik ki, hogy ő a *Phacus wettsteinii* sejtjeit leginkább enyhén kicsúcsosodó végűeknek találta. Saját észleléseim is ezt mutatták. HUBER—PESTALOZZI [2] DREZEPOLSKI és POCHMANN illusztrációját egyaránt átveszi, s ezzel a *Phacus wettsteinii* tágabb formakörét mintegy rögzítette. Azaz: a lekerekített végű és a kissé kicsúcsosodott végű sejtek egyaránt összetartoznak. Mindezt örömmel vettem tudomásul, hiszen az I. táblán látható, és 1933 nyarán élő sejtekről készített illusztrációim akkor még csak a saját felfogásom alapján kerültek együvé.

Felmerül a kérdés: mi az oka ennek a formabeli variabilitásnak, mi idézi elő ezt a dimorfizmust? A *Phacus longicauda* és egyes *Trachelomonas* fajok esetében e kérdésre korábban [8, 9] már próbáltam válaszolni. Tapasztalataim szerint jelentős szerepe lehet a sejtek egyenlőtlen osztódásának. A *Phacus wettsteinii* 1933 nyarán észlelt tömegprodukciójában azonban sejtosztódásokat nem figyelhettem meg. Nem volt észlelhető inekvális sejtosztódás a kultúrázott anyagban sem. E faj sejtjeinek osztódását későbbi vizsgálataim során is csak nagyon szórványosan észleltem, s ezek között 1—2 esetben egyenlőtlen jellegű is előfordult. Behatóbb vizsgálatokra csak 1961-ben nyílt lehetőség, mégpedig azért, mert a *Phacus wettsteinii* csaknem önállóan létrehozott vízvirágzását az orosházi Kísszékből ismét megtaláltam. A következőkben először az 1933-ban észlelt variabilitást elemzem, majd az 1961-ben végzett vizsgálataimról szövegek.

II. A *Phacus wettsteinii* Drez. 1933-ban észlelt variabilitásának elemzése

A *Phacus wettsteinii* kerekítői tömegprodukciója két nap alatt eltűnt, ezért a több alkalommal is begyűjtött bioestonból tenyészeteket is készítettem. A *Phacus*-sejtek abban a tápoldatban fejlődtek legjobban, amelyet 20-szorosan hígított Knop-oldatból, borsófőzetből és kevés hígított trágyaléből állítottam össze. A tápoldatokhoz 1—2 csepp citromlevet is adagoltam. A termőhelyi változatosság bemutatása után még röviden a kultúrákban tapasztaltakat is jellemezem.

A *Phacus wettsteinii* sejtjei a termőhelyi vízvirágzásban általában meggyeztek a POCHMANN [11] és HUBER—PESTALOZZI [2] által közöltekkel. A sej-

tek végei lekerekítettek, hátsó végükön többnyire kicsúcsosodók, 16–19 μ hosszúak és 8–10 μ szélesek. 19 μ -nál hosszabb sejtek csak ritkán fordultak elő. Csíkolatuk hosszanti lefutású, háti barázdájuk csaknem a sejt másik végéig nyúlik. Paramylumaik korongalakúak, számuk többnyire 1–2, de lehet több is. A variabilitás elemzésénél a sejtek alakjáról, hátsó végződéséről, valamint a paramylumok számáról és morfológiai viszonyairól kell szólnunk.

A sejtek alakja. A sejtek a kerektoói vízvirágzás biosestonjában többnyire tojásalakúak vagy megnyúlt oválisak, ritkábban hátrafelé elszélesedők (1. tábla 9. és 13. kép), vagy fokozatosan végbekeskenyedők (7. és 17. kép). Több mint 50%-ban szélesek voltak, keskeny sejtek csak ritkán fordultak elő (3., 10., 17–20., valamint 23–24. képek). A 24. kép egy szélsőségesen keskeny, szinte *Englena*-szerű sejtet mutat be, amely azonban gyűrűs paramyluma miatt inkább *Phacus*-jellegű.

A sejtek kontúrja gyakran lapított vagy szabálytalanul undulált (10., illetve 4., 7., 15., 17. és 20. képek), olykor feltűnően behorpadt (9. kép). Ez utóbbi jelleg alighanem az ún. „insectátság” jelenségének felel meg. A sejtek kontúrja mindig valamilyen módon torzult, a sejtek mégis életképeseknek mutatkoztak.

A sejtek hátsó végződése mutatta a legnagyobb fokú változatosságot. Az I. tábla jól szemlélteti, hogy a szélesen vagy keskenyen lekerekített végű alakokat (1–4. kép) fokozatos átmenetek kötik össze a másik szélsőséggel, azokkal az alakokkal, amelyek már fejlett, nyúlványszerű hátsó kicsúcsosodással rendelkeznek (5–18., illetve 20–23. képek). Az 5–7. képek olyan sejteket szemléltetnek, amelyek hátsó végükön még csak alig észrevehető pillaszerű végződést fejelesztettek. A 8. képtől már határozott, de még mindig keskeny kicsúcsosodás mutatkozik; még a 18. kép is ide sorolható. Ezek hasonlítanak leginkább a POCHMANN által közölt formára. A 19. képen bemutatott sejt kicsúcsosodása az előbbieknél már fokozottabb, s átmenetet képez a fejlett, nyúlványszerű csúccsal rendelkező formákhoz (20–23. kép).

Az említett fejlett kicsúcsosodású sejtek kategorizálása nehéz. Bizonyos mértékben emlékeztetnek a *Phacus skujae* SKV. alakjára, csak csúcsosodásuk hegyesebb, határozottabb. Az ívelt kicsúcsosodás révén leginkább a *Phacus ichthydion* POCHM. típusához közelítenek. A 24. képen ábrázolt sejtet csak egyetlen példányban találtam. Alak szerint leginkább a *Phacus ichthydion*-ra emlékeztet. Ez utóbbi taxonnal való azonosításnak azonban ellene mond az, hogy a *Phacus ichthydion* csíkoltsága POCHMANN szerint határozottan spirális, s mérete is jóval nagyobb, 28 μ hosszú.

Az elmondottak alapján az a próbálkozás, hogy a fejlett csúccsal rendelkező formákat egy már meglevő másik speciessel azonosítsuk, vagy esetleg mint külön speciest kezeljük, nehézkesnek mutatkozik. Akkor állunk talán legközelebb a valósághoz, ha ezeket a formákat egyazon species alakkörébe tartozóknak tekintjük. Eszerint a feltételezés szerint a *Phacus wettsteinii* Drez. is polymorph faj, amelynek egyes egyedei más fajok morfológiájára is emlékeztethetnek, azoknak mintegy „phenokopidai”-ként szerepelnek.

Ez utóbbi feltételezésre jogosít egyébként az a körülmény is, hogy mind a lekerekített végű, mind pedig az erősen kicsúcsosodó formák, azaz a szélsőségek, a tömegtermelésben csak kis egyedszámmal voltak képviselve. A sejt

hátsó végződésének változatossága 1200 sejtegyed vizsgálata alapján az 1. táblázat szerinti százalékos képet mutatta.

1. táblázat

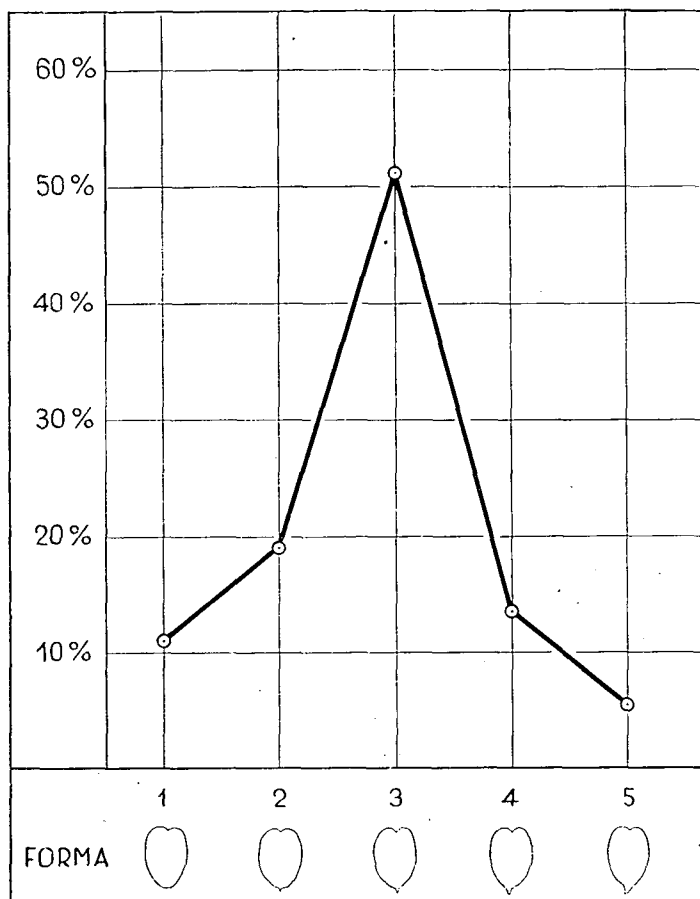
A Phacus wettsteinii sejtvégződésének változatossága

S. sz.	A sejtvégződés formája	db. összesen	%
1.	Lekerekített végű sejt (I. tábla 1—4. kép)	132	11
2.	Finoman pillás végződésű, átmeneti formájú sejt (I. tábla 5—7. kép)	228	19
3.	Határozottan kicsúcsosodó végű sejt vagy Pochmann-féle forma (I. tábla 8—18. kép)	612	51
4.	Vastagon kicsúcsosodó végű, átmeneti alakú sejt (I. tábla 19. kép)	162	13,5
5.	Fejlett csúcsban végződő sejt (I. tábla 20—23. kép)	66	5,5

E variációs megoszlást az 1. ábrán látható egycsúcsú görbe ábrázolja. A közepes típusból, azaz a POCHMANN-féle formából fordult elő a legtöbb, s az ettől eltérő típusok egyedszáma — a szélsőség mértékének megfelelően — mindinkább csökken.

A paramylumok száma és morfológiai viszonyai. Faji jellemzőként elfogadható az 1—2 paramylum jelenléte, de több paramylummal rendelkező sejtek is előfordultak. Az egyparamylumúság mind a lekerekített végű, mind a kicsúcsosodó sejteknél előfordult. Az egyedül kialakuló paramylum többnyire korongalakú vagy tojás formájú (3., 11., 14., 19., 20—21. és 23. kép), ritkán gyűrűszerű, mint pl. a 8. képen látható. Két paramylum kifejlődése esetén az egyik rendszerint lényegesen nagyobb (4., 9., 12. és 22. kép). A nagyobbik paramylum ez esetben is vagy korong, vagy gyűrű alakú, a kisebbik pedig megnyúlt korong, vagy pálcikaszerű. Hasonlóan a három paramylummal rendelkező sejteknél egy paramylum igen fejlettnak, kettő pedig fejletlennek mutatkozik. A két kisebb paramylum csak ritkán egyforma (17. kép), gyakrabban egyenlőtlenek (1., 13. kép), s az egyik gyűrűszerű is lehet (7. kép). A 16. kép négy paramylummal rendelkező sejtet mutat be. Egy paramylum itt is igen fejlett, a többiek kisebbek, s ez utóbbiak közül egy gyűrűszerű. A 10. képen öt paramylumos, a 6. képen pedig hat paramylummal rendelkező sejt látható. A kisebbek között itt is fejlettségi sorrend van, s közöttük is előfordul gyűrűszerű paramylum. A 15. kép tíz paramylumot tartalmazó sejtet ábrázol. Ez volt a paramylum-szám maximális határa. Jól látható, hogy egy paramylum rendkívül fejlett, a többi jóval kisebb, rög- vagy botocskaszerű, s méretben ez utóbbiak is különböznek egymástól. Ezek paramylum-jellege már kevésbé is-

merhető fel, inkább paramylum-kezdeményeknek mutatkoznak. A paramylum-testek számának százalékos megoszlását 800 megvizsgált sejt alapján a 2. táblázat szemlélteti.



1. ábra

A Phacus wettsteinii sejtvégződésének variációs görbéje

Leggyakoribbak voltak tehát az egy paramylummal rendelkező sejtek, s utánuk következtek a két paramylummal bírók. E két kategória összesen 87 %-ot tett ki, s mindössze csak 13 %-ot esett a három vagy több paramylumot vagy paramylumkezdemény-szerű testet tartalmazó sejtekre. Ez a tapasztalat alapot adott annak feltételezésére, hogy a paramylumok száma igen kedvező táplálkozási körülmények között a *Phacus wettsteinii* alakkörében is jelentékenyen változhat.

Az *Euglena* és a *Phacus* genusok körében több olyan speciést észleltem, amelyeknél a paramylumok száma a rendszertani jellemzésben megadottnál olykor lényegesen nagyobb is lehet. Bár ez a jelenség csak különlegesen kedvező

2. táblázat

A Phacus wettsteinii paramylum-számának százalékos megoszlása 800 megvizsgált sejtgyed alapján

A paramylumok száma	A sejtek száma	%-os megoszlás
Egy paramylummal rendelkezőt	412	51,50
Két „ „	284	35,50
Három „ „	44	5,50
Négy „ „	25	3,13
Öt „ „	16	2,00
Hat „ „	11	1,38
Hét „ „	5	0,62
Nyolc „ „	2	0,25
Tíz „ „	1	0,12
Összesen	800	100,00%

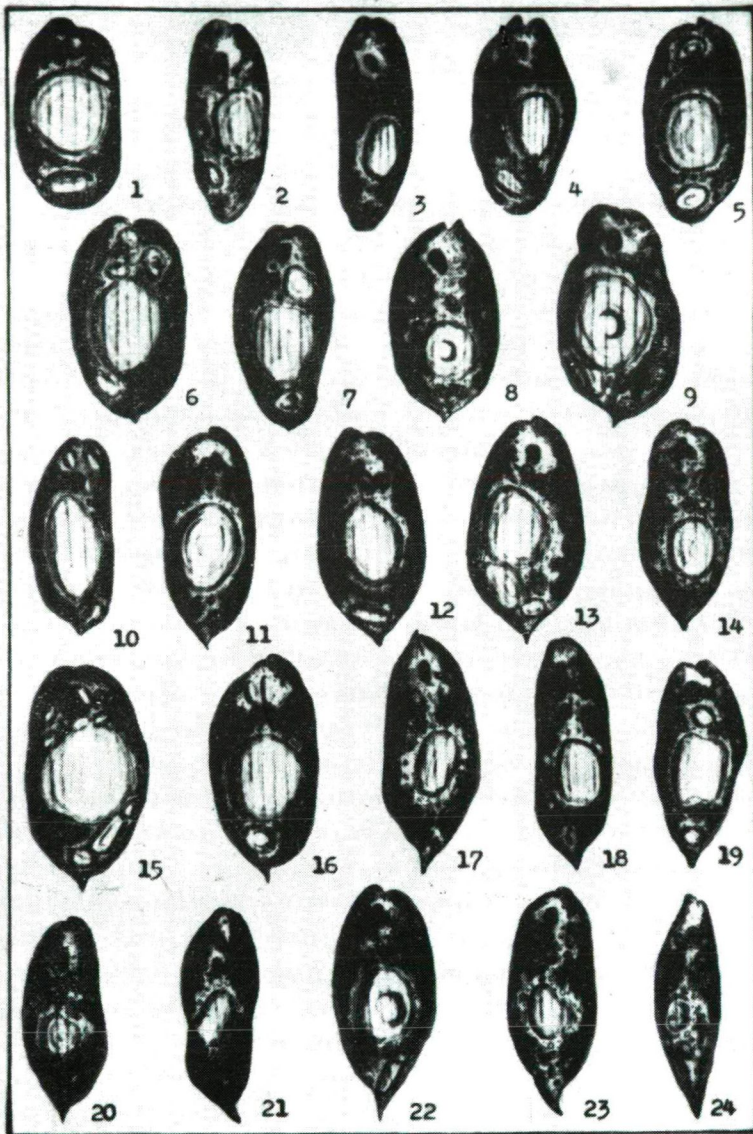
táplálkozási körülmények között lép fel (pl. vízvirágzás), mégis célszerűnek látszik a *multiparamylia* kifejezéssel jelölni. Az *Euglena acus* Ehrb. borsóki-vonatos tenyészetekben két pálcikaszerű paramylum helyett 8–20, vagy még több paramylumtestet halmozott fel magában. Trágyaanyagokkal szennyezett szikes vizekben a *Phacus longicauda* gömb vagy tojás alakú paramylumokkal telezsűfolt sejtjeit vízvirágzások alkalmával észleltem. Minden esetben azt találtam, hogy a *multiparamylia* edáfikus hatásokra bekövetkező jelenség, amely különösen a tömegprodukciók szélsőségesen kedvező táplálkozási körülményei között lép fel. A nem tömegprodukciókban talált *Phacus longicauda* és *Phacus wettsteinii* sejtjeinél a *multiparamylia* jelenségét eddig nem észleltem. A planktonban csak szórványosan előforduló *Phacus wettsteinii* sejtjeinél a kontúr sem variál, és nincs nagy változatosság a sejtek hátsó végződése tekintetében sem. Kiegyensúlyozott körülmények között, azaz leggyakrabban, a POCHMANN-féle formák léptek fel.

A borsófőzetes tenyészetekben a *multiparamylia* jelenségén kívül még azt is meg lehetett figyelni, hogy a fejlettebb csúccsal rendelkező sejtek mind gyakoribbakká váltak. Sajátságos volt, hogy a pusztuló egyedek legnagyobb százalékban a lekerekedett végűek közül kerültek ki. Úgy tűnt, hogy a két típus között fiziológiai különbség is van; a fejlett csúccsal rendelkezők életképessége nagyobbak látszott.

III. A *Phacus wettsteinii* 1961-ben észlelt tömegprodukciójának elemzése. Az egyenlőtlen sejtosztódások vizsgálata

A *Phacus wettsteinii* DREZ. vízvirágzásos tömegprodukcióját második alkalommal az Orosházi Kisszékhelyen találtam meg 1961. május 27-én. A már erősen feltöltődött, mocsarassá váló meder sekély vize kb. 80–90 négyzetméternyi összefüggő felületen fűzöld bioseston-színeződést mutatott. A partmellék iszapos alzatát is fűzöld lepedékkel fedte be a bioseston leülepedett tömege. A tö-

I. tábla



I. tábla

1—4. kép: A *Phacus wettsteinii* DREZ. lekerekített végű sejtjei (DREZEPOLSKI-féle forma) 1700 : 1. — 5—7. kép: Finoman pillás végződésű, átmeneti formájú sejtje a *Phacus wettsteinii* tömegprodukciójából 1700 : 1. — 8—18. kép: Határozottan kicsúcsosodó végű *Phacus wettsteinii* sejtje (POCHMANN-féle forma) 1700 : 1. — 19. kép: A *Phacus wettsteinii* vastagon kicsúcsosodó végű, átmeneti formájú sejtje 1700 : 1. — 20—23. kép: A *Phacus wettsteinii* fejlett, nyúlványszerű csúcsban végződő sejtjei 1700 : 1. — 24. kép: Szélsőségesen keskeny, a *Phacus ichthydion* jellegére emlékeztető sejt gyűrűszerű paramylummal 1700 : 1.

megprodukcióban legnagyobb egyedszámmal a *Phacus wettsteinii* DREZ. fordult elő. Gyakoriak voltak még az *Euglena acus* EHR., és az *Euglena intermedia* (KLEBS) SCHMITZ. Szórványosan a *Phacus caudatus* HÜBNER, a *Phacus raciborskii* DREZ., a *Scenedesmus quadricauda* (TURP.) BRÉB. és a *Kirchneriella subsolitaria* G. S. WEST is jelentkeztek. A víz pH-ja 8-nak mutatkozott.

A *Phacus wettsteinii* DREZ. sejtjei ebben a tömegprodukcióban teljesen ép kontúrral rendelkeztek. Torzult sejt csak kivételesen fordult elő. A sejtek többnyire megnyúlt tojás alakúak, oválisak, csaknem minden esetben eléggé jelentős hátsó kicsúcsosodással. Kicsúcsosodás nélküli, mindkét végén lekerekített sejt csak elvétve volt a vízvirágzásban található. Hosszúságuk 17–20, szélességük 7,5–9 μ . Flagellum csak ritkán volt észlelhető. Azt tapasztaltam, hogy a flagellum mindig valamivel nagyobb a sejt hosszúságánál. A stigma többnyire fejlett, s a lüktető vakuólum még a teljesen mozdulatlan sejteknél is jól észlelhető. A periplast hosszanti csíkoltságú. A paramylumok száma 1–2, ritka esetben 3. Több paramylum esetén — mint a kerektoói bioseston esetében már tapasztaltam — az egyik erősen fejlett, a másik, illetve a többi sorrendben kisebb.

Hangsúlyozandó, hogy a tömegprodukcióban fejlett, tüske- vagy nyúlványyszerű hátsó kicsúcsosodással rendelkező sejt egyetlen esetben sem fordult elő. A kerekded korongszerű plasztiszok sejtenként eltérő nagyságúak lehetnek, sőt egyazon sejten belül is eltérhetnek egymástól. A flagellummal rendelkező sejtek mozgását viszonylag lassúnak találtam; néha a flagellumos sejtek is hosszú időn át teljesen mozdulatlanok voltak.

A kisszéki *Phacus*-tömegprodukció viszonylag tartósnak mutatkozott. Még június második hetében is megtaláltam, mégpedig valamivel nagyobb vízfelületre kiterjeszkedve. A bioseston minőségi összetétele azonban jelentősen megváltozott. Június 12-én a *Phacus wettsteinii* egyedszámát már erősen megcsökkentek találtam, viszont az *Euglena polymorpha* DANG. és az *Euglena limnophila* LEMM. — amelyek korábban nem fordultak elő — viszonylag jelentős egyedszámmal voltak már képviselve a tömegprodukcióban. Új alkotóként ritkán az *Euglena tripteris* (DUJ.) KLEBS is jelentkezett. Ez az összetételbeli változás alighanem a víz fokozódó elszennyeződésére vezethető vissza. Június 26-án a tömegprodukciónak már nyoma sem volt.

A *Phacus wettsteinii* sejtjeinek egyenlőtlen osztódása. Az 1961-ben észlelt tömegprodukciót elsősorban az inekvális sejtosztódás szempontjából tanulmányoztam behatóbban. Vizsgáltam a begyűjtött természetes bioseston és a mesterséges tenyésztőfolyadékban tartott szervezeteket egyaránt.

A természetes biosestonban a *Phacus wettsteinii* sejtosztódását csak igen ritkán lehetett észlelni. Az osztódásnak mindössze csak 11 esetével találkoztam. Ezek közül az osztódás 7 esetben morfológiailag egymással teljesen megegyező utódsejteket eredményezett, s csak 4 eset mutatkozott olyannak, amelyben az utódsejtek alakilag vagy felépítés szempontjából eltértek egymástól. Ez utóbbi négy esetet a II. tábla 2–5. képei mutatják be. A 2. képen a méret- és felépítésbeli eltérés az utódsejtek között eléggé szembetűnő. A felső sejt kisebb, az alsó lényegesen nagyobb, a felső utódsejtben csak két kis gömb alakú paramylum látható, míg az alsó egyetlen, de fejlett gyűrűszerű paramylummal rendelkezik. Sajátságos még az, hogy a felső kisebb sejtnak valamivel nagyobb stigája volt, mint a nagyobb méretű alsónak. A két utódsejt még nem vált el egymástól. A befűződés szimmetrikus jellegéből úgy látszik, hogy a két utódsejt hátsó kicsúcsosodása kb. egyforma lesz.

A 3. és 4. kép a sejtosztódásban az előbbihez hasonló méret- és felépítésbeli egyenlőtlenségeket szemléltet. A 3. képen bemutatott osztódásnál az alsó, valamivel nagyobb utódsejtnak 3, a felső kisebb sejtnak csak 2 paramylum van. Mindkét sejtnél egy-egy paramylum gyűrűalakú, a többi gömbölyded. Az alsó sejtnél a gömbölyű paramylumok nem egyforma méretűek. A 4. képen szemléltetett osztódásnál a két utódsejt kb. egyforma hosszú, a felső azonban valamivel szélesebb. A felső sejtnél 3, az alsóban 2 paramylum fejlődik. A paramylumoknál a következők voltak megfigyelhetők:

a) Mindkét sejtnél 1–1 paramylum nagyobb és gyűrűszerű, a többi kisebb és gömbölyded. Ez már az előbbieken is megállapítható volt.

b) A felső utódsejt két gömbölyded paramylum kb. azonos méretű. Itt tehát eltérés mutatkozik az előbbi osztódási esettől, ahol a gömbölyded paramylumok sem voltak egyformák.

c) Az is feltűnő volt, hogy a felső utódsejtnél a gyűrűszerű paramylum valamivel nagyobb átmérőjű és kevésbé telt, azaz a gyűrűszerű test közepén a lyuk nagyobb, az alsó utódsejtnél pedig a gyűrűszerű paramylum valamivel kisebb átmérőjű, de közepe felé már csaknem teljesen betelt.

A 4. kép objektumánál úgy látszott, hogy a felső utódsejtnél valamivel nagyobb kicsúcsosodása lesz, mint az alsónak.

Az 5. képen bemutatott osztódásnál inkább csak méretben különböznek egymástól az utódsejtek. Az alsó utódsejt valamivel hosszabb. Már majdnem elváltak egymástól, s a hátsó kicsúcsosodás mindkét utódsejtnél igen fejlettnek és kb. egyenlőnek mutatkozik.

Mivel magyarázható az, hogy a természetes tömegtermelésben, így a *Phacus wettsteinii* most ismertetett vízvirágzásában is, a sejtek osztódása csak igen ritkán figyelhető meg? Talán avval, hogy a begyűjtés során más környezetbe kerülnek, ami az egysejtű szervezetek életmenetét jelentősen megváltoztathatja. Más tömegtermelési esetekben tapasztaltam, hogy a begyűjtés után nyugalomban hagyott élő bioseston-próbákban a sejtosztódási formák gyakrabban fordultak elő, mint azokban a próbákban, amelyek valamilyen ok miatt (pipettázás, felrázás, az árnyékban levő oldal fény felé fordítása, helycsere stb.) gyakran megzavarást szenvedtek.

Mesterséges tenyésztőfolyadékban a *Phacus wettsteinii* sejtosztódása jóval gyakoribbnak mutatkozott. A tápoldat összetétele a következő volt: 200 milliliter szűrőpapirosra átszűrt hígított borsófőzet, ugyanennyi hígított trágyalé, 100 ml 1/20-os Knop-oldat, kb. 1%-nyi glukózzal dúsítva, 1–2 csepp hígított vasklorid és néhány csepp citromlé.

A kultúrálás során a *Phacus wettsteinii* sejtosztódását 105 esetben figyeltem meg. Ezek közül 23-nál lehetett megállapítani az osztódás egyenlőtlenségét. Az utódsejtek közötti különbségek megnyilvánulási formái a következőképpen csoportosíthatók:

1. Méretbeli eltérések,
2. Alakbeli eltérések,
3. A sejtvég kicsúcsosodásának mértéke,
4. A paramylumok száma és alakja,
5. A stigma mérete,
6. A flagellum jelenléte vagy hiánya,
7. A lüktető vakuólum egyidejű állapotában mutatkozó esetleges különbségek.

Néha egy-egy osztódási objektumnál több sajátságban is megmutatkozott az osztódás egyenlőtlensége. Az inekvális osztódás jellegzetesebb példáit a II. tábla 6—11., valamint a III. tábla képei mutatják be (a 9. kép kivételével).

1. *Méretbeli eltérések.* Jelentéktelen méretbeli különbségek egy-egy osztódás utódsejtjei között a legtöbb esetben mutatkoztak. Különösen a szélességi méret esetében volt néha szembeszökő az eltérés (III. tábla 2. és 7. kép). A hossz méretbeli különbségek értékelése nehezebb, mert a jelentéktelen eltérések igen gyakran abból adódtak, hogy az egyik utódsejt sejtvégi csúcsosodása erőteljesebb a másikénál.

2. *Alakbeli eltérések.* Az utódsejtek többnyire megnyúlt oválisak vagy elliptikusak, s a kontúr rendszerint domborodóan határolja körül a sejtet. Ritkábban mutatkozik hajlandóság arra, hogy az egyik vagy mindkét sejt oldala kissé behajlik. E tekintetben egyenlőtlen osztódást szemléltet a II. tábla 11. képe, amelyen a felső utódsejt felső jobb oldala feltűnően homorú, az alsó utódsejt viszont normális domború kontúrokkal rendelkezik. Hasonló a helyzet a III. tábla 7. képen: itt az alsó utódsejt oldalai mutatnak jelentős homorulatot. A III. tábla 11. képe olyan egyenlőtlen osztódást mutat be, amelynél az utódsejtek legalább négy vonásban különböznek egymástól (alak, sejtvégződés, paramylumok száma, flagellum megléte vagy hiánya). A felső utódsejt oldalai aszimmetrikusan, az alsóé szimmetrikusan domborodnak.

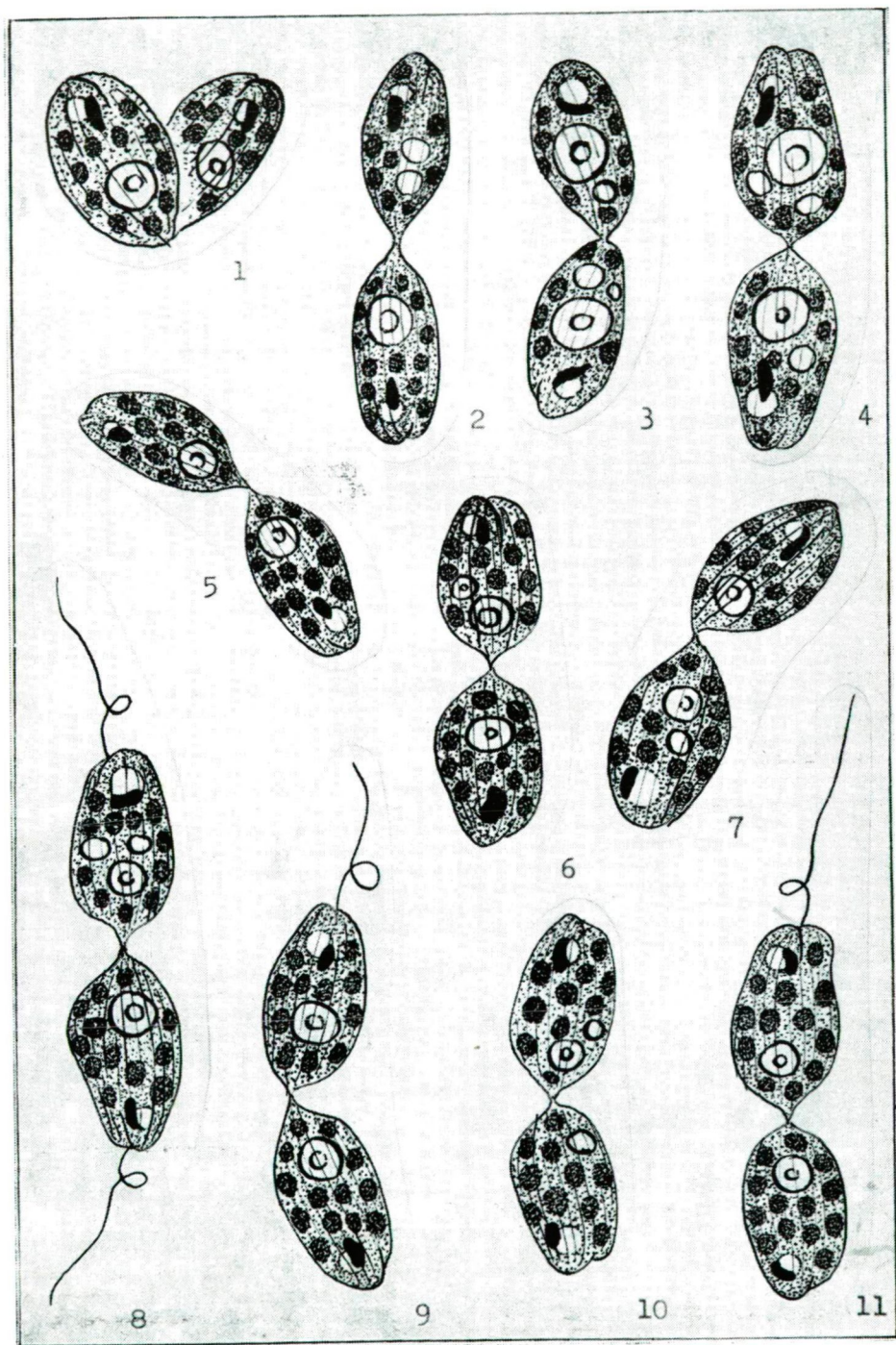
3. *A sejtvég kicsúcsosodásának mértéke.* Már említettem, hogy a *Phacus wettsteinii* 1961 tavaszán megjelent tömegprodukciójában a mindkét végükön lekerekített sejtek csak kivételesen fordultak elő. Ezek között osztódási állapotot csak egy esetben észleltem, amelyet a II. tábla 1. képe mutat be. Mindkét utódsejt teljesen egyformának látszott. A képen látható, hogy az innenső sejt alsó vége (a jobb oldalon különösen) hirtelen összébszűkül.

A sejt hátsó végének kicsúcsosodása a kultúrázás körülményei között is általában jelentős. A II. és III. tábla képei azt az utolsó állapotot szemléltetik, amelyben az utódsejtek még éppen csak összefüggnek egymással. Ebben az állapotban két kategória volt megállapítható:

a) A még egymással összefüggő sejtvégek kb. egyenlő fejlettségűek. Ilyen osztódási eseteket mutatnak be a II. tábla 6—10. képek. A 7. kép olyan esetet ábrázol, amelynél a két utódsejt az osztódás folyamata alatt az osztódási síkból elfordult, aminek következtében mindkét kicsúcsosodás kissé megcsavarodott és meggömbült. Így keletkezhetnek azok az ívelt kicsúcsosodással rendelkező sejtek, amelyek a természetes biosestonban is ritkán előfordulnak. Ilyenek láthatók pl. az I. tábla 21—23. képein.

II. tábla

1. kép: A *Phacus wettsteinii* lekerekedett végű sejtjének osztódása kb. egyenlő két utódsejtre. 1961-ben beállított tenyészetből. 1600 : 1. — 2. kép: Inekvális osztódás a *Phacus wettsteinii* 1961-ben észlelt biosestonjában. A két utódsejt méretben és felépítésben (paramylumszám, stigma nagysága) különbözik egymástól. 1600 : 1. — 3—5. kép: Egyenlőtlen sejtosztódások az előbbi természetes biosestonból. 1600 : 1. — 6. kép: Sejtméret, paramylumszám és a stigma nagysága szempontjából egyenlőtlenül osztódó sejt az 1961-ben beállított tenyészetanyagból. Az utódsejtek kb. azonos végződésűek. 1600 : 1. — 7—10. kép: Előbbi tenyészetben végbemenő egyenlőtlen sejtosztódás az utódsejtek kb. azonos fejlettségű végződésével. A 8. képen mindkét utódsejt flagellumos, a paramylumszámában és lüktető vakuólum működési ritmusában eltérés mutatkozik. A 9. képen ábrázolt osztódásnál csak az egyik utódsejt flagellumos. 1600 : 1. — 11. kép: A felső utódsejt flagellummal és fejlett kicsúcsosodással rendelkezik, s alakban is eltér az alsótól. Az 1961-iki tenyészetből. 1600 : 1.



b) Az utódsejteket még éppen összekötő kicsúcsosodások nem egyenlő fejlettségűek, azaz a sejtosztódás ebből a szempontból inekvális jellegű. Ilyen esetek láthatók a II. tábla 11., valamint a III. tábla 1–8., illetve 10–11. képein. Különösen a II. tábla 11., valamint a III. tábla 4. és 10–11. képei nevezeteseek, mert olyan osztódási objektumokat ábrázolnak, amelyeknél az egyik utódsejt fejlett kicsúcsosodással rendelkezik (a képeken a felső utódsejtek), a másik utódsejt hátsó végződése pedig egészen jelentéktelen. Hasonló a helyzet a III. tábla 6. képen is. Itt a felső utódsejtnél kicsúcsosodást már nem is lehet látni, viszont az alsó sejt jelentős csúcscsal rendelkezik. Az utódsejtek így szempontból való egyenlőtlenségét olykor az is fokozza, hogy az egyik sejt hátul fokozatosan, viszonylag hosszan elkeskenyedve fut ki csúcsba, a vele szemben levő utódsejt viszont hirtelenebb végbekeskenyedéssel válik le. Pl. a III. tábla 2. képen a felső, a 7. képen pedig az alsó utódsejt vége keskenyedik hosszabban csúcsba.

4. *A paramylumok száma, mérete és alakja.* Mindenekelőtt az állapítható meg, hogy a kultúrázott sejteknél a multiparamylia olyan szélsőséges esetei nem fordultak elő, mint amilyenek a kerektoói biosestonban jelentkeztek. Az utódsejtek paramylumszáma legfeljebb 3 volt. Az észlelt 23 egyenlőtlen sejtosztódásnál a paramylumszám megoszlási viszonyait a 3. táblázat mutatja be.

3. táblázat

A paramylumok számbeli megoszlása a tápfolyadéokban észlelt egyenlőtlen sejtosztódásoknál

Sor-szám	Az utódsejtek paramylumszáma	Osztódási eset összesen	%
1.	Mindkét utódsejt 1—1 paramylummal rendelkezik ...	5	21,74
2.	Az egyik utódsejtben 2, a másikban egy paramylum található	14	60,87
3.	Az egyik utódsejtben 3, a másikban pedig csak egy paramylum fejlődik	3	13,04
4.	Az egyik utódsejt 3, a másik 2 paramylumot fejleszt	1	4,35
	Összesen	23	100,00

A paramylumok méret és alak szempontjából hasonló szabályszerűségek szerint oszlanak el, mint azt a kerektoói bioseston elemzésénél már bemutattam. A leglényegesebb az, hogy ha az utódsejtben 2 vagy több paramylum fordul elő, akkor közülük csak egy fejlett, nagyméretű, a másik, illetve a többi kisebb. A nagyobb paramylumok gyűrűszerűek, a kisebbek többnyire gömbölyded vagy korong alakúaknak mutatkoztak. Kivétel a II. tábla 6. képen bemutatott egyenlőtlen osztódás, amelynél a felső utódsejtben a nagyobb és a kisebb para-

mylum egyaránt gyűrűszerű. Többnyire az is tapasztalható volt, hogy a három paramylummal rendelkező sejtben a két kisebb paramylumtest sem volt teljesen egyforma méretű. A paramylumban foglalt tápanyagmennyiség az eltérő paramylum-számok esetében is olykor kiegyenlítettnek mutatkozik az utódsejtek között. Pl. a III. tábla 8. képen az alsó sejt egy nagyobb és egy kisebb paramylumot tartalmaz. A nagyobbik paramylumtest gyűrűszerű, amelynek átmérője kb. akkora, mint a másik utódsejtben levő egyetlen, de korongszerű paramylum átmérője. Az alsó sejt kisebb, tojás alakú paramyluma kb. akkora, mint a gyűrűszerű paramylum közepén levő lyuk, s így a két utódsejt tartalékanyagmennyisége kb. azonosnak látszik. Vagy ugyancsak a III. táblán a 7. és 11. képeken bemutatott osztódások utódsejtjei hasonló kiegyenlítettséget mutatnak. Mindkét osztódásnál a felső utódsejtben egyetlen nagy, gyűrűszerű, az alsó utódsejtben pedig két kisebb gömbölyded paramylum található. E két utóbbi paramylumtest anyagtömege a nagyobb gyűrűszerű paramyluméval kb. azonos. Persze ez korántsem tekinthető szabályszerűségnek, mert evvel kirívó ellentétben áll a II. tábla 10. képen ábrázolt egyenlőtlen osztódás. A felső utódsejtben egy nagyobb gyűrűszerű és egy kisebb gömbölyű paramylum fejlődött, viszont az alsó utódsejt csupán csak egy kicsiny gömbölyded paramylumtesttel rendelkezik.

5. *A stigma mérete.* Az *Euglenophytonoknál* gyakran észleltem, hogy az osztódás alkalmával az utódsejtek nem teljesen egyforma méretű stigmát örökölnék. A stigma néha az egyik sejtből hiányozhatik is. Az utódsejtek egyenlőtlen stigmáit néha a *Phacus wettsteinii* esetében is észleltem. Szélsőséges példaként mutatkozott a II. tábla 6. képen ábrázolt osztódás, amelynél az alsó utódsejt több mint kétszerre nagyobb stigmát kapott, mint a felső utódtársa. Alighanem evvel magyarázható az a jelenség, hogy az egyes sejtek stigmamérete nagy ingadozásokat mutat.

6. *A flagellum jelenléte vagy hiánya.* Az *Euglenophyta* törzs körében igen elgondolkoztató az a jelenség, hogy a sejtosztódásnál az egyik utódsejt aktív és flagellumos, a másik viszont flagellummal nem rendelkezik. Erre vonatkozólag főként a *Trachelomonas* egyenlőtlen sejtosztódásánál mutattam be jellemző példákat [3, 8, 9].

A *Phacus wettsteinii* mesterséges táplálóközegben gyakrabban fejleszt flagellumokat, mint természetes körülmények között. Ennek ellenére a mesterségesen tenyésztett sejtek többsége is flagellumnélküli inaktív állapotban fordult elő. A tenyészetekben megfigyelt 105 sejtosztódásnál flagellum csak 6 esetben volt észlelhető. E hat esetet a II. és III. tábla képei ábrázolják, mert egyben valamilyen szempontból inekvális osztódásnak is bizonyultak.

Az inekvális sejtosztódásnál a flagellum vizsgálatának különösen jelentős szerepe van, mert többnyire jól rámutat az utódsejtek közötti lehetséges egyenlőtlenségekre. Ennek éppen az a bizonyossága, hogy az említett hat flagellumos esetből csak egy olyan található, amelynél mindkét utódsejtnek van flagelluma. Ezt az esetet a II. tábla 8. képe mutatja be. A két utódsejt méret, alak és sejtvégződés szempontjából azonosnak látszik, s ehhez járul még a flagellummal egyöntetű ellátottság is. Mindkét flagellum kb. egyforma hosszúnak mutatkozott. De egyenlőtlenség is van a két utódfél között, pl. a paramylumok száma, valamint a stigma mérete szempontjából.

A másik öt flagellumos esetben csak az egyik utódsejt rendelkezik flagellummal. Ezeknél a flagellumbeli inekvalitás különböző mértékben megvalósult

egyéb egyenlőtlenségekhez csatlakozik. A II. tábla 9. képe esetében a sejtek kb. egyforma alakúak és végződésűek, paramylumszámuk is azonos. A különbség közöttük az, hogy a felső, valamivel kisebb sejt ostorral rendelkezik, a nagyobb alsó sejt pedig ostornélküli. A 11. képen a sejtosztódás inekvális jellege három látható elemből szövédik. A felső sejtnak van flagelluma, az alsónak nincs. A felső sejt ezen kívül alakban és sejtvégződésben is különbözik az alsó utódféltől. A III. tábla 1. képe olyan egyenlőtlen sejtosztódást szemléltet, amelynél a felső sejt fejlett csúcsban végződik és flagellummal rendelkezik, míg az alsó utódfél fejletlen csúcsú és flagellumnélküli. A III. tábla 6. képen az osztódás egyenlőtlensége három tényezőtől adódik: a sejtvégződés és a paramylumszám egyenlőtlen, s csak a felső sejt rendelkezik flagellummal. Ugyanezen tábla 11. képen az inekvalitás legalább négy tényezővel van képviselve: a két sejt egymástól alak, sejtvégződés, paramylumszám és ostorral való ellátottság szempontjából különbözik.

7. A *lüktető vakuólum egyidejű állapotában mutatkozó esetleges különbségek*. Az *Euglenophytonoknál* a világos vakuólum-tér az osztódó utódsejtek között olykor különböző átmérőjű. Ezt néhány esetben a *Phacus wettsteinii* osztódásainál is meg lehetett figyelni. Különösen feltűnő példák erre a II. tábla 7—8., valamint a III. tábla 3. képen bemutatott inekvális osztódások. A legtöbb egyenlőtlen osztódásnál azonban a vakuólumterek mérete között egyidőben nem mutatkozott lényegesebb különbség.

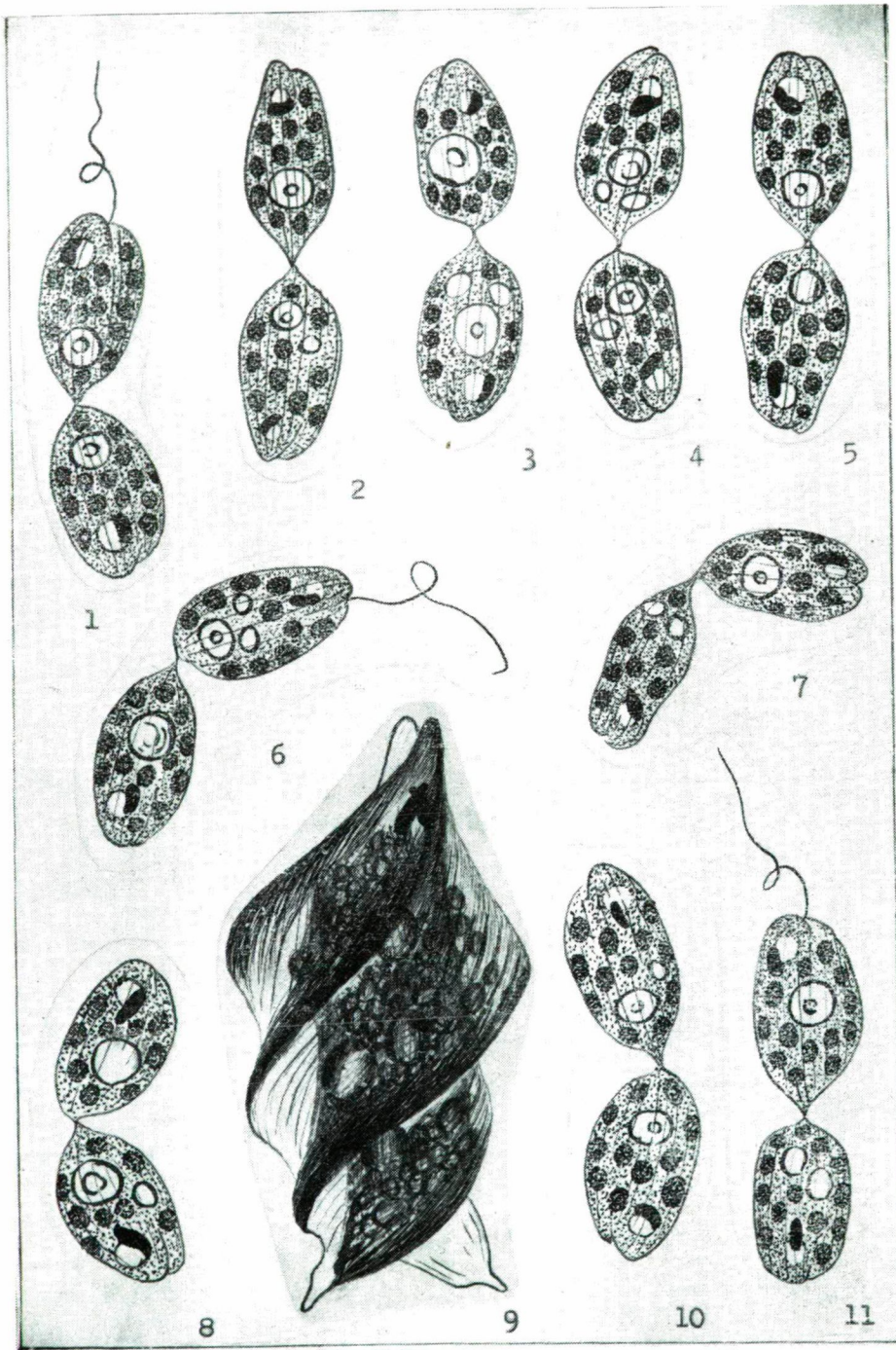
IV. Az eredmények összefoglalása, következtetések

Szikesvízi tömegtermelésben 1933 nyarán első ízben a *Phacus wettsteinii* DREZ. esetében észleltem a sejt alak- és felépítésbeli variabilitását. A lekerített végű sejtalakot először DREZEPOLSKI írta le, amelyet a kerektoói biosztesztben én is megtaláltam. A fejlett kicsúcsosodással rendelkező sejteket akkor még csak azért soroltam egy faj alakkörébe, mert azokat fokozatos átmenetek kapcsolták egymáshoz. Erre indított egyébként az a CHODAT által felismert jelenség is, hogy egyazon környezetben nagyszámú különböző alak is létezhet. CHODAT egyébként a jelenségből az adaptáció hiányára következtetett. POCHMANN [11] munkájának megjelenése után — mint arról már röviden beszámoltam [5] — megerősödött bennem is az a felfogás, hogy ez a gazdag alakkör egybetartozik. Ennek ellenére e munkámat egészen 1961-ig kézirati formában tartottam és úgy is idéztem a sejtek egyenlőtlen osztódásáról 1961-ben megjelenő tanulmányomban [9]. Ugyanezen év májusában talált tömegtermelés lehetővé tette, hogy a *Phacus wettsteinii* egyenlőtlen sejtosztódását behatóbban tanulmányozzam, s korábbi megfigyeléseimet így irányban kiegészítsem.

III. tábla

Az 1—8., valamint a 10—11. kép a *Phacus wettsteinii* 1961-ben beállított tenyészetében: végbemenő inekvális sejtosztódásokról készült. Nagyítás: 1600-szoros. Az utódsejtek kicsúcsosodásai nem egyenlő fejlettségűek. A 6. kép: felső sejtjénél kicsúcsosodást már nem is lehet észlelni. Ez utóbbi osztódásnál az utódsejtek 3-féle szempontból különböznek egymástól (sejtvégződés, paramylumszám, flagellummal való ellátottság). A 11. kép két utódsejtje között 4-féle eltérés mutatkozik (alak, sejtvégződés, paramylumszám, flagellummal való ellátottság). — 9. kép: A *Phacus helikoides* Pochm. rövidnyúlványú formája újabb monstruózus osztódás közben. A két utódsejt elválása a nyúlványon már megtörtént, elől pedig még éppen csak megindult. A Kisszék biosztesztjéből. Nagyítás: 1100 : 1.

III. tábla



Az 1961-ben végzett vizsgálataim megerősítik azt a korábbi feltételezést, hogy a *Phacus wettsteinii* DREZ. variabilitásában az inekvális sejtosztódásnak is jelentős szerepe lehet. Fontosabb megállapításaim a következők:

1) Taxonómiai szempontból legfontosabb eredmény annak kimutatása, hogy a sejt hátsó végének kicsúcsosodásában jelentkező nagymérvű variabilitás az egyenlőtlen sejtosztódás következtében is jelentkezhet. Előfordultak a tenyészetekben olyan egyenlőtlen sejtosztódások, amelyeknél az egyik utódsejtnék viszonylag igen fejlett kicsúcsosodása volt, utódtársánál viszont ez majdnem teljesen hiányzott. Evvel bebizonyosodott az, hogy a *Phacus longicauda* rövidnyúlványúságát előidéző, és korábban általam kimutatott mechanizmus [4] a *Phacus wettsteinii* alakbeli variabilitásánál, különösen pedig a kicsúcsosodás változatosságánál igen jelentős szerepet játszhat.

A *Phacus longicauda* esetében főként a negyvenes években több ízben is kimutattam, hogy a normálisnál jóval rövidebb nyúlványú ún. „curta”-formák a sejt monstrozitás-jellegű egyenlőtlen osztódásával jönnek létre. Erre vonatkozólag [4] a következőket írtam: „A nyúlvány a sejtosztódás alkalmával nem osztódott pontosan két egyenlő részre. Az egyik leánysejt idő előtt elvált, s közben csökevényes nyúlványkezdetre úgy hasadt le a másiktól, mint valami egyenetlen szárazasú fadarabról egy szilánk. A korcis utód nyúlvánnya vékonyabb és rövidebb lett. Nincs kizárva, hogy az ilyen osztódási monstrozitásból származó rövidnyúlványúság a további nemzedékek során plazmatikusan regenerálódik, addig azonban rövid nyúlványú egyedek keletkeznek. Ezzel magyarázatot kaptunk a *Ph. ephippion* rövidnyúlványúságára, mint egyik fontosnak látszó küllemi bélyegre. Általában tapasztaltam, hogy a gyorsan leváló egyed többnyire igen rövid nyúlvánnyal is bír. Az ilyen rendellenes osztódási forma valószínűleg a *Phacus*okra általánosan jellemző.”

A *Phacus helikoides* POCHMANN biosestonját ez időben szintén megtaláltam, mégpedig ugyancsak az orosházi Kisszékben. Ebben az anyagban is észleltem a *Phacus helikoides* POCHM. egy rendellenesen rövid nyúlványú alakját, mégpedig osztódó állapotban. Ezt a III. tábla 9. képe mutatja be. Ezt az osztódást előbb idézett munkámban a következőképpen jellemeztem: „Ez a példa is bizonyítja, hogy az oszlási monstrozítások révén létrejövő „curta”-formák a *Phacus* nemzetségben általánosak. A *Ph. helikoides* eme példányának az oszlása már magában a lefolyásában is monstrozitás. Az *Eugleninae* csoportra ugyanis általában jellemző, hogy a sejt osztódása a mellső résztől halad hátrafelé, s a két utódsejt a nyúlványon válik el egymástól. Ez esetben viszont az elválás a nyúlványi részen már megtörtént, ellenben elől csak éppen megindult. A stigma már osztódottnak látszik. Ehhez hasonló, de korántsem ennyire szélsőséges esetet sejtet POCHMANN [11] nagy összefoglaló munkájában a *Phacus ichthydion* rajza. Határozottan felismerhető az elülső rész kettéválása is, de a két utódsejt még együtt van.”

A *Phacus wettsteinii* DREZ. sejtosztódásánál is bizonyos tendencia mutatkozik arra, hogy az utódsejtek monstrozus jellegű szétválásánál az egyiknek a kicsúcsosodása kisebbmérvű, a másiké jelentősebb legyen. Ha ez a folyamat több sejtosztódás során ismétlődik, egyirányban halmozódik, úgy a kicsúcsosodás teljesen eltűnik, s előtűnik áll az a lekerekedett végű sejtalak, amelyet első ízben DREZEPOLSKI Lengyelországból írt le.

2) Az előbbiekből egyenesen következőnek látom annak magyarázatát is, hogy viszonylag miért olyan ritka a lekerekedett végű, ún. DREZEPOLSKI-féle sejtforma, s miért mutatkozik gyakoribbnak a POCHMANN által közölt csúcsos

végződésű sejtalak. Nyilván azért, mert a sejt lekerekedett végződése itt *monstruozitás*, amely valamiképpen a sejtlelet, illetve a sejtosztódás megzavartságával alakbelileg nem teljes *equatio*-hoz, hanem az inekvális sejtosztódáshoz vezet.

Korábban már rámutattam arra, hogy a *Phacus*-félék körében a nyúlvány a fejlődéstörténet során szükségszerűen jött létre. Eszerint a nyúlvány nem más, mint a csíkolat-skeletum egy részének végső összefutása, amely a körmetszetű ősi típusú test torziós felületté való kiterjeszkedésével szükségszerűen alakult ki. Arra is rámutattam [10], hogy ez a nyúlvány a későbbiek során tendenciaszerűen rövidülhetett, s néhány esetben talán örökletesen végleg el is tűnt. Ebből következik, hogy a jelenben teljesen nyúlvány nélkülinek ismert *Phacus* fajok nem monstruozítások, azaz biológiailag reálisak lehetnek, azonban a nyúlványtalanságukhoz vezető út alighanem az előbbieken monstruozitásnak nevezett folyamatok megrögzülésén keresztül vezetett. *Fejlődéstörténeti szempontból tehát a nyúlvánnyal rendelkező Phacus-félék — a Phacus fajok tulnyomó többsége — ősből jellegűnek tekinthető, míg a nyúlvány nélküli, teljesen lekerekített végű sejtforma másodlagosnak, levezetettnek mutatkozik.* Természetesen a nyúlvánnyal rendelkező *Phacus*ok időlegesen nyúlványtalanná válása továbbra is monstruozitásnak tekintendő.

3. Az előbbiekből taxonómiai vonatkozásban következik, hogy helyes az a régebbi szemlélet, amely a lekerekedett végű formákat a kicsúcsosodó végű, ún. POCHMANN-féle formákkal összetartozóknak tekintette. Ezt külön ki kell hangsúlyozni, mert e két forma között viszonylag olyan nagy a morfológiai eltérés, hogy ezek alapján akkor két külön species-kategória is megkülönböztethető lett volna.

4. Az a körülmény, hogy a borsófőzetes tenyészetekben a pusztuló egyedek legnagyobb százalékban a lekerekített végződésű *Phacus wettsteinii* sejtek közül kerültek ki, arra mutat, hogy a lekerekedett sejtvégződés valamiféleképpen a csökkentett életképességgel jár együtt. Úgy tűnik, hogy a formabeli monstruozitás egyben a vitalitás csökkenését is tükrözi. Ez egyben physiológiai oldalról támasztja alá a korábban taxonómiai szempontból elmondottakat. Ez alapon világossá válik az is, hogy a borsófőzetes tenyészetekben miért váltak mindinkább gyakoribbakká a fejlettebb csúccsal rendelkező sejtek.

5. A sejt alakja, mérete és hátsó végződése alighanem szoros összefüggésben állanak egymással, s közös okként arra vezethetők vissza, hogy az osztódási sík kevésbé az anyasejt mértani középsíkjában alakul ki, hanem attól kissé mélyebb vagy magasabb síkban.

6. A paramylumok száma genetikailag nem pontosan rögzített. Rendszerint 1–2 paramylum fejlődik ki, de *szélsőségesen kedvező edáfikus körülmények között a multiparamylia is bekövetkezik.* Az utódsejtek között a paramylumok nagyon egyenlőtlenül oszthatódnak meg, illetve a paramylumképző képesség a sejtutódoknak egyenlőtlenül adódhat át. Több paramylum kialakulása esetén az egyik erőteljesen fejletté válik, a másik vagy a többi kisebb, illetve többnyire sorrendben fejletlenebb marad.

7. A flagellum megléte szempontjából vett inekvalitás az utódsejtek között nem egyszerűen csak felépítésbeli különbséget fejez ki, hanem egyben élettani különbséget is. Flagellumos állapotban a sejtek élettani aktivitása nyilván fokozottabb. Ha tehát a szétválás állapotában csak az egyik utódsejt flagellumos, abból arra lehet következtetni, hogy élettani állapotuk sem azonos. A flagellummal rendelkező aktívabb, a flagellumnélküli passzívabb.

Ha csak az egyik utódfélnek van ostora, a másiknak nincs, ez nem jelenti, hogy ez utóbbi flagellumképzésre képtelen. Megfelelő élettani állapotban ez is fejleszthet flagellumot. A kultúrázás körülményei között csak egyetlen esetben láttam, hogy mindkét utódsejtnak a szétválás végső fázisában flagelluma volt. A *Trachelomonas* sejtosztódásánál ilyen esetben figyeltem meg, hogy az egyik leválásra készülő utódsejt közben flagellumát eldobta, aminek az lett a következménye, hogy a másik flagellumos sejt hurcolta magával tovább. Aligha vonható kétségbe, hogy e két egymással még összefüggésben levő utódsejt közül az volt az aktívabb, amely flagellumát megtartotta. Ilyen példát a *Phacus wettsteinii* egyenlőtlen sejtosztódásánál nem találtam.

8. A flagellum, a stigma és a lüktető vakuólum a mozgással kapcsolatos sejtorganellumok, amelyek feltűnően mutatják a sejt felépítésbeli bipoláris jellegét. Annak ellenére, hogy ezeket a sejtorganellumokat a mozgó életmód hívta életre, közöttük korrelációs viszonyt az inekvális osztódás alkalmával nem lehetett észlelni. Az a néhány eset, amelynél a szétválóban levő utódsejtek lüktető vakuólumai azonos időpontban különböző átmérőt mutattak, arra enged következtetni, hogy az utódsejtek között az anyagcserefolyamatok ritmusában eltérések lehetnek.

9. A *Phacus wettsteinii* egyenlőtlen osztódásának vizsgálatánál hét észlelhető sajátság alapján lehetett az utódsejtek között egyenlőtlenséget kimutatni. E sajátságok morfológiai jellegűek, de egyben a fiziológiai eltérések meglétét is sejtetik. Valószínű, hogy az utódsejtek között még számos olyan különbség létezik, amelyek élettani jellegűek, ezért ezek feltárása majd csak a vizsgálódási módszerek tökéletesedésével valósul meg.

IRODALOM

- [1] DREZEPOLSKI, R.: Przyczynek do znojamosci polskich Euglenin. Kopern. Kosmos 1—2, p. 173—270, 1925.
- [2] HUBER-PESTALOZZI, G.: Das Phytoplankton des Süßwassers. Euglenophyceen. Binnen-gewässer 16/4, p. 1—606, 1955.
- [3] KISS, I. Békés vármegye szikes vizeinek mikrovegetációja. I. Orosháza és környéke. Die Mikrovegetation der Natrongewässer des Komit. Békés. I. Orosháza und dessen Umgebung. Folia Cryptogamica 4, p. 217—266, 1939.
- [4] KISS, I.: Néhány Phacus-jelleg rendszertani értékéről. Über den systematischen Wert einiger Phacus-Merkmale. Annales Biologicae Universitatis Szegediensis 1, p. 73—90, 1950.
- [5] KISS, I.: A faj biológiai realitása és változékonysága néhány növényi mikroszervezet körében. Die biologische Realität und Variabilität bei einigen pflanzlichen Mikroorganismen. Szegedi Ped. Főiskola Évkönyve 2, p. 1—34, 1957.
- [6] KISS, I.: Néhány növényi mikroszervezet tömegtermelésének meteorobiológiai elemzése. Meteorobiologische Analyse der Massenproduction einiger pflanzlichen Mikroorganismen. Szegedi Ped. Főiskola Évkönyve 3/2, p. 57—72, 1958.
- [7] KISS, I.: A szökealmi Sós-tavak mikrovegetációjának vizsgálata. Untersuchung der Mikrovegetation der Salzseen von Szökehalom. Szegedi Ped. Főiskola Évkönyve 1960, p. 39—72.
- [8] KISS, I.: Verschiedene Formen der inäquale Zellteilung bei einigen einzelligen Pflanzenarten. Acta Biologica Universitatis Szegediensis 6, 1960, p. 57—70.
- [9] KISS, I.: A sejtek egyenlőtlen osztódásának gyakorisága a növényi mikroszervezetek világában. Häufigkeit der ungleichen Zellteilung in der Welt der pflanzlichen Mikroorganismen. Szegedi Ped. Főiskola Évkönyve 1961, p. 37—61.
- [10] KISS, I.: Cytologiai és phylogenetikai vizsgálatok a Phacus-félék sejtjének felépítésében (kézirat 1960).
- [11] POCHMANN, A.: Synopsis der Gattung Phacus. Archiv für Protistenkunde 95, p. 81—252, 1942.

РОЛЬ НЕРАЗНОМЕРНОГО ДЕЛЕНИЯ КЛЕТКИ В ИЗМЕНЧИВОСТИ ВИДА- И СТРОЕНИЯ PHACUS WETTSTEINII DREZ.

И. Кишии

В данной работе указываю на то, что изменчивости вида- и строения *Phacus wettsteinii* Drez. связана с неравносерным (ināqualis) делением клетки. Исследования сделало возможным то, что массовую продукцию этого организма заметил два раза, именно в 1933 и 1961 гг. В 1933 г. зеленую массовую продукцию «Керекто» курорта Дьёпарош составило *Phacus wettsteinii* в котором размер, контур и заднее окончание клеток и число парамилумов показали большую изменчивость. Это показывают картины I. табл. Контур клетки здесь вообще безобразный, но клетки показываются жизнеспособными. Число парамилумов вообще 1—2, но иногда в клетке показывается 10, поэтому для обозначения больше парамилумов употребляю выражение *мультипарамилия*.

Особенно проблематично было оценивать заднее окончание клетки, так как от закругленного окончания клетки через ресничное нашёл определенно выпирание и окончание образа придатки. Закругленные окончания умел хорошо отождествить формой клетки, данным Drezepolski но особи — определенные и развитые выпирания со всей точностью не мог сюда считать, хотя переходные виды между крайними заметны были. Pochmann [1] в своей работе развитые выпиранные виды считает к этим видам, что принял и Huber—Pestalozzi [2]. Это утвердил мою ояниганальную гипотезу, что этот вид с точки зрения сильно изменчивый, и что в этот круг относятся и формы придатки. Изменчивость окончания клетки в % показывает I. рис.

Массовую продукцию *Phacus wettsteinii* в горой раз в 1961 г. нашёл в озере Кишсек города Орошхаза. В этом исследовании внимание обращал на изучение деления клетки, так как раньше предполагал, что изменчивое и неравномерное деление зависят друг от друга. В натуральном биосестоне с 11 случаями деления клетки встречался, из которых 4 деления неравномерные (II. табл. 2—5 картина).

В искусственной племенной жидкости деление клетки *Phacus wettsteinii* заметил в 105 случаях, из которых 23 имел неравномерный характер. Появления формы различности следующие: 1. различие в размере, 2. различие в форме, 3. различие выпирания, 4. число, размер и форма парамилумов, 5. размер стигмы, 6. наличие или отсутствие жгутиков, 7. различие, показывающиеся в одновременном состоянии пульсирующей вакуоли. Эти показывают 6—II. рит. II. табл. и картины III. табл. (с исключением 9. рис.). Расчитанные различия подробно анализирую в венгерском тексте.

Phacus wettsteinii Drez. в питательной среде чаще развивает жгутики чем в обычных условиях. Но из 105 делений клетки, наблюдаемых в разведении только в 6 случаях заметил деление с жгутиком. Эти пеказывают табл. II. и III.

Важные мои выводы, касающие неравномерное деление клетки *Phacus wettsteinii* Drez. следующие:

1. То обстоятельство, что при некотором культурном делении у одной клетк-потомка выпирание относительно сильно развитое, а у другой почти отсутствовало выпирание, подтверждает, что при формальной изменчивости *Phacus wettsteinii* неравномерное деление клетки играет значительную роль. При уродном делении механизм сокращения придатки в случае *Phacus longicauda* в сороковых годах не однократно показывал. То же самое показывал и в случае *Phacus helikoides*. Следующее уродное деление *Ph. helikoides* с сокращенным придатком показывает 9. кар. III. табл.

И при делении клетки некоторая тенденция на то, что благодаря неравномерному делению клетки выпирание одной клетк-потомка меньше, а другой больше. Если этот процесс повторяется через много делений клетки, в одном направлении усиливается, тогда выпирание может совсем исчезать. Может быть и так может образоваться тот закругленный конец формы клетки, который впервые Drezepolski рисовал из Польши.

2. Выше сказанные могут объяснять и то, почему редок т. н. закругленный конец формы клетки, написанный с Drezepolski и почему часта верхушечная форма, написанная с Pochmann. Наверно, потому что здеь закругленный конец клетки — уродность, которая связана с смешением жизни или деления клетки, и не ведёт к разномерному делению клетки. Указывал на то, что прирток видов — *Phacus* в течении филогенеза сокращался тенденциально, и в некотором случае может быть исчез наследуенно, вечно. Следовательно, наблюдаемые закругленные виды *Phacus* не уродливостей, то есть

биологически реальны, но их формы без отростков образовались наверно вследствие прикрепления предшествующей уродливости. И так с точки зрения истории развития виды *Phacus* с придатком можно рассматривать первоначально, а форма клетки с совсем закругленным концом показывается вторичной. сводной. Естественно, что временная форма без отростка *Phacus* с отростком и дальше рассматривается как уродливость.

3. Прежний взгляд, по которому формы с выпираниями связаны формами т. н. *Pochmann* является правильным.

4. В гороховым — варочным разведении погибающие особи в наибольших процентах получались из форм с закругленным концом, это показывает, что их жизнеспособность меньшая.

5. Наверно, форма, размер и задний конец клетки связаны друг с другом, общая причина в том, что плоскости клетки матки, от нее в плоскости глубже или выше.

6. Среди крайних благоприятных эдафических условиях может наступать и мультипарамилум. Способность образовать — парамилум, правильное число парамилум среди клеток-потомков не равномерно распределяется. Во многих случаях парамилум одна станет равнотой, а другие по очереди остаются неразвитыми.

7. Неравномерность, касающаяся существование жгутика среди клетки-потомка выражает просто различие строения, а вместе с этим и физиологическое различие. В состоянии жгутиков активность клеток наречно станет усиленной.

8. Жгутик, стигма и пульсирующая вакуолия являются клеточными органеллами, связанными с движением но среди них корреляционного отношения нельзя заметить при неравномерном делении клетки. В некоторых случаях при делящихся клетках-потомках пульсирующие вакуоли появились разные диаметры, поможет заключить, у них есть различие в ритме процессов обмена веществ.

9. При неравномерном делении можно было наблюдать семь видных свойств. Эти имеют морфологический характер, но намекают о существовании физиологических различий. Наверно, среди клеток-потомков существует много различий, имеющих физиологический характер, поэтому из открытие возможно только с совершенными экспериментальными методами.

DIE ROLLE DER UNGLEICHEN ZELLENTHEILUNG IN DER VARIABILITÄT VON FORM UND AUFBAU DES PHACUS WETTSTEINI DREZ.

Von

I. KISS

In dieser Arbeit soll gezeigt werden, dass die Variabilität von Form und Aufbau des *Phacus wettsteinii* Drez. auch mit der ungleichen (inäqualen) Teilung der Zellen in Zusammenhang steht. Meine Untersuchungen wurden dadurch ermöglicht, dass ich die wasserblütenartige Massenproduktion dieses Organismus sogar bei zwei Gelegenheiten beobachten konnte, und zwar 1933 und 1961. 1933 wurde die grüne Massenproduktion in dem „Kerekő“ von Bad Gyopáros allein von dem *Phacus wettsteinii* Drez. gebildet. In dieser wies das Mass, die Kontur, das hintere Ende und die Zahl der Paramylen in den Zellen eine hochgradige Variabilität auf. (S. die Abbildungen auf Taf. I.). Die Konturen der Zellen waren in diesem Falle meistens deformiert, die Zellen zeigten sich dennoch als lebensfähig. Die Zahl der Paramylen war meistens 1—2, es kamen aber einigemal auch 10 in einer Zelle vor, deswegen habe ich zur Benennung der Vielheit der Paramylen den Ausdruck *multi-paramylia* gebraucht.

Besonders die Auswärtung des hinteren Ende der Zellen war problematisch. Es liess sich nämlich anfangen von dem abgerundeten Ende durch sehr feine, dann verschiedene Zuspitzungen bis zum fast endstachelartig entwickelten Zellende gleichmässig alles antreffen. Die abgerundeten Formen konnte ich mit der von Drezepolski mitgeteilten Zellenform gut identifizieren, doch die Individuen mit entschiedener und entwickelter Zuspitzung konnte ich hier mit voller Sicherheit nicht einreihen, obgleich Übergangsformen zwischen den beiden Extremen feststellbar waren. Von POCHMANN [11] werden auch die zugespitzten Formen in den Kreis dieser Art eingeführt, was auch von HUBER-PESTALOZZI [2] angenommen wurde. Das unterstützte meine ursprüngliche Ansetzung, dass die Art in dieser Hinsicht stark variabel

sei und dass auch die endstachelartig zugespitzten Formen in den Kreis dieser Spezies gehören. Die Variabilität des Zellendes zeigt prozentuell Abb. 1.

Die Massenproduktion des *Phacus wettsteinii* fand ich bei der zweiten Gelegenheit 1961 im „Kisszék“ von Orosháza. Bei deren Untersuchung studierte ich mit grosser Aufmerksamkeit die Zellenteilung, da ich es schon früher vorausgesetzt hatte, dass die Variabilität und die unäquale Teilung miteinander in Zusammenhang stehen. In dem natürlichen Bioseston traf ich nur auf 11 Fälle der Zellenteilung, von welchen die Teilung in 4 Fällen inäqual war (vgl. Taf. II., Abb. 2—5).

In künstlicher Nährlösung habe ich die Zellenteilung des *Phacus wettsteinii* in 105 Fällen beobachtet und von diesen waren 23 von inäqualem Charakter. Die Erscheinungsformen der Unterschiede sind die folgenden: 1. Abweichungen im Mass, 2. Abweichungen in der Form, 3. Verschiedenartigkeit der Zugespitztheit, 4. Zahl, Mass und Form der Paramylen, 5. Mass des Stigmas, 6. Vorhandensein oder Fehlen des Flagellums, 7. Etwaige Unterschiede in dem gleichzeitigen Zustand des pulsierenden Vakuolums. Diese sind auf Taf. II. 6—11, dann auf den Abbildungen von Taf. III. (mit Ausnahme der Abb. 9) zu sehen. Die aufgezählten Unterschiede werden in dem ungar. Text eingehend analysiert. Hier will ich nur von den Endungen der Zellen und darüber sprechen, wie sie mit dem Flagellum versehen sind.

Unter allen Umständen der Züchtung habe ich bezüglich der Endung der Zelle zwei Kategorien der Teilungen unterschieden:

a) Die miteinander noch zusammenhängenden Zellenendungen sind ungefähr gleichmässig entwickelt (vgl. Abb. 6—10. auf Taf. II.).

b) Die Zuspitzungen, die die Nachkommezellen miteinander verbinden, sind ungleichmässig (s. die Abbildungen 1—8 von Taf. II. 1—8 und 10, 11 von Taf. III.). Besonders die Abb. 11 auf Taf. II. bzw. 4, 10—11 auf Taf. III. sind merkwürdig, weil sie solche Teilungsobjekte darstellen, bei welchen die eine Nachkommezelle über eine entwickelte Zuspitzung verfügt (die oberen Nachkommezellen auf allen Abbildungen), die hintere Endung der anderen Nachkommezelle hingegen ganz unbedeutend ist. Bei der oberen Nachkommezelle von Abb. 6. Taf. III. ist die hintere Zuspitzung gar nicht mehr zu sehen, hingegen verfügt die untere Zelle über eine bedeutsame Spitze. Die Ungleichheit aus diesem Gesichtspunkt wird bei den Nachkommezellen einigemal auch dadurch gesteigert, dass die eine Zelle hinten sich allmählich, länglich verschmälernd in die Spitze ausläuft, die ihr gegenüber befindliche Nachkommezelle hingegen sich mit einer plötzlicheren Endverschmälerung ablöst. Auf Abb. 2 von Taf. III. verschmälert sich z. B. das Ende der oberen, auf Abb. 7 aber das der unteren Nachkommezelle der Spitze zu.

Der *Phacus wettsteinii* Drez. entwickelt in einer künstlichen Nährlösung häufiger Geisseln als unter natürlichen Umständen. In den Züchtungen fand ich aber bei den beobachteten 105 Zellenteilungen nur in 6 Fällen Teilungen mit Flagellen. Diese sind auf den Abbildungen der Taf. II. und III. veranschaulicht. Es ist zu erkennen, dass beide Nachkommezellen nur in dem auf Abb. 8. von Taf. III., veranschaulichten Fall Geisseln haben. In den anderen 5 Fällen schliesst sich die Inäqualität von den Flagellen anderen Ungleichheiten an. Auf Abb. 11 von Taf. III. ist z. B. die Inäqualität mit vier sichtbaren Faktoren vertreten. Die beiden Zellen unterscheiden sich von einander in bezug auf die Form, die Zellenendung, die Zahl des Paramylums und auf das Vorhandensein mit dem Flagellum.

Meine wichtigsten Feststellungen in bezug auf die ungleiche Zellenteilung des *Phacus wettsteinii* Drez. sind die folgenden:

1. Der Umstand, dass die eine Nachkommezelle bei einigen Teilungen in Kulturen eine verhältnismässig sehr entwickelte Zuspitzung besass, diese hingegen bei anderen Nachkommezellen fast vollständig fehlte, kann uns bezeugen, dass die ungleiche Zellenteilung in der Variabilität der Formen bei dem *Phacus wettsteinii* eine sehr bedeutungsvolle Rolle spielt. Der Mechanismus der Kürzung des Endstachels bei der monströsen Teilung der Zellen wurde von mir in den 40-er Jahren öfter nachgewiesen. In den Kulturen konnte ich die Entstehung der sog. „curta“-Formen beobachten. Dasselbe habe ich auch im Falle des *Phacus helikoides* nachgewiesen. Die von neuem eingetretene monströse Teilung bei diesem *Phacus helikoides* mit dem kurzem Endstachel wird auf Abb. 9. der Taf. III. veranschaulicht. Die Lostrennung hat sich auf dem Teil des Endstachels schon vollzogen, vorne hat sie hingegen eben nur ihren Anfang genommen. Obgleich das Nacheinander bei der normalen Teilung eben umgekehrt ist.

Auch bei der Zellenteilung des *Phacus wettsteinii* macht sich eine gewisse Tendenz bemerkbar, dass die Zuspitzung der einen Nachkommezelle kleingradiger, die der anderen hochgradiger werde. Wenn sich dieser Vorgang mehrere Zellenteilungen hindurch wiederholt, sich in einer Richtung anhäuft, so verschwindet die Zuspitzung vollständig, und wir haben

vor uns jene Zellform mit abgerundetem Ende, die zuerst von Drezepolski aus Polen beschrieben wurde.

2. Der oben beschriebene Vorgang bietet eine Erklärung auch dafür, warum diese sog. Drezepolski-Zellenform mit dem abgerundeten Ende so selten vorkommt und warum die durch POCHMANN beschriebene spitzige Form so häufig ist. Offenbar deswegen, weil die abgerundete Endung der Zelle *hier eine Monstrosität ist*, die mit dem Getrübtsein des Zellenlebens, bzw. der Zellteilung zusammenhängt und deswegen im vollen Masse zur gleichen Teilung nicht führt. Auch darauf habe ich hingewiesen, dass sich der Endstachel der *Phacus*-Arten im Laufe der Entwicklungsgeschichte tendenzartig verkürzt haben mag und in einigen Fällen vielleicht vererblich endgültig auch verschwand. Die heute beobachtbaren *Phacus*-Arten mit abgerundetem Ende sind also nicht Monstrositäten, d. h. sie dürften in biologischer Hinsicht real sein, das Fehlen des Endstachels ist aber bei ihnen vermutlich infolge der Befestigung der früheren Monstrosität entstanden. *In entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht können also die mit einem Stachel versehenen Phacus-Arten als ursprünglicher gelten, während die Zellform mit vollständig abgerundetem Ende als sekundär und abgeleitet erscheint.* Erscheinen aber die mit Endstachel versehenen *Phacus*-Arten zeitweilig ohne Endstachel, so ist das auch weiterhin für eine Monstrosität anzusehen.

3. Als zutreffend kann jene ältere Anschauung gelten, nach welcher die Formen mit dem abgerundeten Ende und die Formen mit dem zugespitzten Ende, die sog. POCHMANN-Formen zusammengehören.

4. Der grösste Prozentsatz der dem Verderb nahe stehenden Individuen gehörte in den Erbsenextraktkulturen zu den Formen mit abgerundetem Ende, woraus zu erkennen ist, dass die Vitalität der letzteren Individuen geringer ist. Damit ist zu erklären, dass in diesen Kulturen die mit einer entwickelteren Spitze versehenen Zellen immer häufiger wurden.

5. Form, Ausmass und hinteres Ende der Zellen hängen vermutlich eng miteinander zusammen und die gemeinsame Ursache dieser Erscheinungen ist darauf zurückzuführen, dass sich die Teilungsebene weniger in der geometrischen Mittelebene der Mutterzelle auszubilden pflegt, als in einer von dieser etwas tiefer oder höher gelegenen Ebene.

6. Unter extrem vorteilhaften edaphischen Umständen mag auch die Multiparamylie eintreten. Die Fähigkeit zur Paramylumbildung bzw. die Anzahl des Paramylums verteilt sich sehr ungleich unter den Nachkommezellen. Im Falle von mehreren Paramylen wird das eine entwickelter, das andere oder die anderen bleiben der Reihe nach weniger entwickelt.

7. Die Ungleichheit unter den Nachkommezellen bezüglich des Vorhandenseins des Flagellums bedeutet nicht nur einen Unterschied im Aufbau, sondern zugleich auch einen physiologischen Unterschied. Im Zustand des Vorhandenseins des Flagellums ist die Aktivität der Zellen offenbar gesteigerter.

8. Das Flagellum, das Stigma, das pulsierende Vakuolum sind Zellenorganellen, die mit der Bewegung in Beziehung stehen, aber ein korrelatives Verhältnis zwischen diesen liess sich bei Gelegenheit der ungleichen Teilung nicht beobachten. In einigen Fällen wiesen die pulsierenden Vakuolen bei den sich trennenden Nachkommezellen in demselben Zeitpunkt unterschiedliche Durchmesser auf, was darauf schliessen lässt, dass Verschiedenheiten im Rhythmus der Prozesse des Stoffwechsels bei den Nachkommezellen möglich sind.

9. Bei der ungleichen Teilung konnten nur sieben sichtbare Eigentümlichkeiten in Betracht gezogen werden. Diese sind von morphologischem Charakter, aber sie lassen uns auch das Vorhandensein von physiologischen Verschiedenheiten ahnen. Wahrscheinlich gibt es unter den Nachkommezellen noch zahlreiche Unterschiede von physiologischem Charakter, die Aufdeckung dieser wird sich nur mit vollkommeneren Untersuchungsmethoden verwirklichen lassen.